黑水虻虫粉对生长猪生长性能和血清生化指标的影响*

张　放　杨伟丽　杨树义　于　震　刘春雪*　洪　平

（太仓安佑生物科技有限公司，太仓 215437）

摘　要：本试验旨在研究黑水虻虫粉对生长猪生长性能和血清生化指标的影响，探索猪粪饲养的黑水虻虫粉替代豆粕的可行性。试验选取 48 头初始重为（33.00±1.00） kg 的 70 日龄健康“杜×长×大”三元杂交生长猪，随机分为 2 组，每组 12 个重复，每个重复 2 头猪。对照组饲喂基础饲粮，试验组饲喂含 25‰黑水虻虫粉的试验饲粮。试验期 30 d。结果表明：与对照组相比，试验组生长猪平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）均没有显著变化（P＞0.05）；试验组生长猪血清白蛋白（ALB）含量极显著增加（P＜0.01），血清白球比（A/G）显著增加（P＜0.05），血清高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）含量显著增加（P＜0.05）。综上所述，本试验条件下，饲粮中添加 25‰黑水虻虫粉不影响生长猪的生长性能，可以替代生长猪基础饲粮中的部分豆粕。

关键词：猪粪；黑水虻；生长猪；血清生化指标

中图分类号：S828

近年来，养殖场的粪便污染问题已经成为制约畜牧业进一步发展的重要因素，如何将大量的粪污进行有效处理和利用是当下亟需解决的问题。黑水虻可以在短时间内消化大量有机废弃物和畜禽粪便，其幼虫以有机废弃物、餐厨垃圾、食品下脚料、畜禽粪便等作为采食原料，黑水虻成虫干燥后又能开发成营养丰富的昆虫蛋白质饲料原料。成虫体内含有丰富的蛋

收稿日期：2017-12-05

项目基金：江苏省重点研发专项——黑水虻在畜禽粪便资源化利用种的关键技术研究（BE2015650）

作者简介：张　放（1990-），男，安徽六安人，硕士研究生，从事猪饲料研究与开发。E-mail: zhangfang@anschina.cn

*通信作者：刘春雪，中级畜牧师，E-mail: cx_liu@anschina.cn

白质，且纤维少，氨基酸种类齐全，还含有丰富的不饱和脂肪酸、微量元素等营养成分，是很好的动物蛋白质饲料资源。但如何将其应用到畜禽饲料中，仍然是一个需要探索的过程。张放等[1]通过使用餐厨饲养的黑水虻全虫取代鱼粉、豆粕进行动物试验，发现其对育肥猪的生长性能、养分消化率、机体免疫水平、腹泻率均没有负面影响，并有一定优势。黑水虻幼虫作为一种取食非常广泛的昆虫，不但可以利用餐厨垃圾作为其食物来源，还可以很好摄食猪粪，形成的虫蛹亦含有丰富的蛋白质和脂肪。猪粪养殖的黑水虻制成虫粉，粗蛋白质含量为 35.36%，粗脂肪含量为 18.8%，虽然其粗蛋白质与粗脂肪含量低于餐厨饲养的黑水虻，但作为一种新型昆虫蛋白质原料，其不仅可以作为饲料蛋白质原料，解决当前蛋白质饲料越来越紧缺的问题，还可以较好的处理猪粪，解决猪场的部分粪便污染问题。

本试验将猪粪饲养的黑水虻干燥后得到黑水虻虫粉，通过调整猪粪养殖的黑水虻虫粉在饲粮中的使用比例，添加到生长猪饲粮中进行饲养试验，观察其对生长猪生长性能和血清生化指标的影响，为进一步开发家畜黑水虻虫粉蛋白质饲料提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黑水虻活虫由安佑集团金坛猪场产生的猪粪饲养，将活虫清洗收集后进行微波干燥，制成风干样黑水虻虫粉。不同养殖来源黑水虻虫粉主要营养成分比较见表 1，黑水虻营养成分为安佑集团中心实验室实测值。

表 1 不同养殖来源黑水虻虫粉主要营养成分比较

Table 1 Comparison of main nutritional components of black soldier fly meal in different breeding sources %

项目 Items	黑水虻虫粉（猪粪养殖） Black soldier fly meal （pig manure	黑水虻虫粉（餐厨养殖） Black soldier fly meal（kitchen waste

	breeding）	breeding）
干物质 DM	95.40	97.75
粗蛋白质 CP	35.36	46.25
粗脂肪 EE	18.80	33.70
粗灰分 Ash	17.20	6.00
钙 Ca	4.20	0.96
总磷 TP	1.29	0.81
赖氨酸 Lys	1.83	2.48

1.2 试验设计与试验饲粮

试验采用随机区组设计，选择同批次、体重[（33.00±1.00） kg]相近的 70 日龄健康“杜×长×大”三元杂交生长猪 48 头，随机分为 2 组，每组 12 个重复，每个重复 2 头猪。对照组饲喂基础饲粮，试验组饲喂含 25‰黑水虻虫粉的试验饲粮（用黑水虻虫粉按 25 kg/t 替代基础饲粮中豆粕）。试验饲粮组成及营养水平见表 2。试验期 30 d。

表 2 试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trial group
原料 Ingredients/‰		
玉米 Corn	720.00	720.00
豆粕 Soybean meal	230.00	212.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	6.10	4.90
豆油 Soybean oil	7.00	3.00
石粉 Limestone	7.40	5.60

黑水虻虫粉 Black soldier fly meal		25.00
L-赖氨酸硫酸 *L*-Lys•H_2SO_4	3.75	3.70
食盐 NaCl	3.00	3.00
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	1.10	1.10
L-苏氨酸 *L*-Thr	1.30	1.30
L-色氨酸 *L*-Trp	0.35	0.40
预混料 Premix[1)]	20.00	20.00
总计 Total	1 000.00	1 000.00
营养水平 Nutrient levels/%[2)]		
粗蛋白质 CP	15.80	15.80
钙 Ca	0.69	0.69
磷 P	0.45	0.45
钠 Na	0.21	0.21
氯 Cl	0.23	0.23

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 6 500 U，VD_2 2 000 U，VE 25 mg，VK_3 2.0 mg，VB_1 2.0 mg，VB_2 4.0 mg，VB_6 2.0 mg，VB_{12} 0.04 mg，烟酸 nicotinic acid 20.0 mg，泛酸 pantothenic acid 15.0 mg，生物素 biotin 0.1 mg，Fe (as ferrous sulfate) 100 mg，Zn (as zinc sulfate) 100 mg，Cu (as copper sulfate) 21.0 mg，Mn (as manganese sulfate) 75.0 mg，I (as potassium iodide) 0.75 mg，Se (as sodium selenite) 0.3 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were measured values。

1.3 饲养管理

试验于 2017 年 8 月 5 日—2017 年 9 月 5 日在安佑生物科技集团股份有限公司江苏省太

仓市实验基地进行。试验猪自由采食、自由饮水。按猪场常规程序进行管理和免疫。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能指标

称重并记录试验开始第 1 天、第 30 天时各重复猪体重，并记录每个重复中猪的耗料量；试验期间记录死淘猪体重、参与试验天数，用以计算平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）。

1.4.2 腹泻率及腹泻等级评分

试验期间每天 09:00 和 15:00 记录腹泻情况，记录腹泻头数时还应分腹泻轻重等级记录，按照 Marquardt 等[2]的方法腹泻分 4 个等级。0 分：条形或粒状；1 分：软粪、成形；2 分：稠装、不成形、粪水未分离；3 分：液状不成形、粪水分离。当粪便评分为 2 分或以上时认为猪只发生腹泻，试验结束计算每组腹泻率。

腹泻率（%）＝100×试验期内每组仔猪腹泻头次/（试验天数×每组仔猪头数）。

1.4.3 血清生化指标

在试验第 29 天，每栏猪颈静脉采集血样 10 mL，3 000 r/min 离心 10 min，将分离出的血清放置冰盒，-20 ℃保存备用。采用全自动生化分析仪测定血清中总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLB）、甘油三酯（TG）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）、总胆固醇（TC）含量，试剂盒购于北京利德曼生化股份有限公司。

1.5 数据统计与分析

试验数据采用 SPSS 17.0 版软件，以 *t* 检验方差分析进行统计分析。结果以“平均值±标准差（mean±SD）”表示。$P<0.05$ 为差异显著，$P<0.01$ 为差异极显著。

2 结 果

2.1 黑水虻虫粉对生长猪生长性能的影响

由表 3 可以看出，与对照组相比，试验组生长猪 ADG 增加了 0.2%，ADFI 降低了 0.25%，料重比降低了 0.45%，但均没有显著差异（P＞0.05）。试验组腹泻率较对照组降低了 1.68%，无显著差异（P＞0.05）。

表 3　黑水虻虫粉对生长猪生长性能的影响

Table 3　Effects of black soldier fly meal on growth performance of growing pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trial group	*P* 值 *P*-value
初重 IBW/kg	33.09±1.86	33.44±1.95	0.657
末重 FBW/kg	56.73±2.49	57.13±3.99	0.773
平均日增重 ADG/g	787.88±57.90	789.74±84.79	0.951
平均日采食量 ADFI/g	1 749.79±81.31	1 745.26±118.46	0.916
料重比 F/G	2.23±0.13	2.22±0.15	0.935
腹泻率 Diarrhea rate/%	1.94±0.04	0.26±0.01	0.163

2.2　黑水虻虫粉对生长猪血清生化指标的影响

由表 4 可以看出，与对照组相比，试验组生长猪血清 TP 含量增加（P＞0.05），血清 ALB 含量极显著增加（P＜0.01），血清白球比（A/G）显著增加（P＜0.05），血清 GLB 含量降低（P＞0.05）。试验组生长猪血清 HDL-C 含量显著高于对照组（P＜0.05），血清 TG、TC、LDL-C 含量与对照组相比差异不显著（P＞0.05）。

表 4　黑水虻虫粉对生长猪血清生化指标的影响

Table 4　Effects of black soldier fly meal on serum biochemical parameters of growing pigs

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trial group	*P* 值 *P*-value

总蛋白 TP/(g/L)	63.78±3.36	66.63±3.89	0.099
白蛋白 ALB/(g/L)	30.98±2.51	35.61±2.33	0.001
球蛋白 GLB/(g/L)	32.80±4.17	31.01±4.76	0.386
白球比 A/G	0.96±0.17	1.18±0.23	0.027
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.37±0.09	0.35±0.08	0.605
总胆固醇 TC/(mmol/L)	2.41±0.24	2.62±0.40	0.149
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	0.93±0.07	1.03±0.11	0.025
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	1.15±0.16	1.26±0.28	0.270
高密度脂蛋白胆固醇/低密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/LDL-C	0.82±0.08	0.84±0.16	0.726

3 讨 论

3.1 黑水虻虫粉对生长猪生长性能的影响

黑水虻虫粉替代基础饲粮中的蛋白质饲料在生长猪饲养上的试验，尤其是猪粪饲养的黑水虻用作蛋白质原料在国内试验研究较少。Makkar 等[3]综述了黑水虻虫粉中含有丰富的氨基酸、脂肪和钙，可以被用在生长猪的饲粮中。Newton 等[4]在猪粪饲养的黑水虻干虫粉在断奶仔猪早期按 0、50%、100%的比例替代干燥血浆粉（干燥血浆粉在断奶仔猪第 1 阶段添加比例为 5%，第 2 阶段添加比例为 2.5%，第 3 阶段添加比例为 0），没有额外补充氨基酸，试验结果表明，用黑水虻虫粉替代干燥血浆粉，断奶仔猪生长性能均有提高，其中 50%替代比例组生长性能提高了 4%，饲料转化效率提高了 9%；但 100%替代比例组仔猪第 1 阶段的整体生长性能降低了 3%~13%。这些研究结果表明，用猪粪饲养的黑水虻虫粉作为家畜饲粮中的蛋白质原料是可行的，但是猪粪饲养的黑水虻虫粉替代基础饲粮中蛋白质原料的种类（豆粕、鱼粉和血浆粉等）以及替代比例还需要大量动物试验进行研究和调整。本试验猪粪饲养的黑水虻虫粉未能显著改善生长猪的生长性能，但与对照组相比，平均日采食量、平均

日增重和料重比均没有显著变化；并且试验组的腹泻率低于对照组，说明猪粪饲养的黑水虻虫粉在猪生长阶段可以作为蛋白质原料替代基础饲粮中的豆粕。由于生长猪中鱼粉等动物蛋白质原料添加比例较少，断奶仔猪以及保育猪中的动物蛋白质原料种类更多、添加比例更高，后期黑水虻虫粉在猪饲粮中的动物试验可以考虑在断奶仔猪以及保育猪中继续进行饲养试验研究，更好地发挥黑水虻虫粉等昆虫蛋白质原料的作用。

3.2　黑水虻虫粉对生长猪血清生化指标的影响

血清中 TP 包括 ALB 和 GLB，其中 TP 一定程度上反映机体对蛋白质的吸收和代谢情况。一般来说，血清 TP、ALB 含量的升高表明肝脏合成蛋白质的能力加强，有利于提高动物代谢水平和免疫力，促进动物健康快速生长，其中血清 ALB 是衡量动物对蛋白质需要量的敏感指标，其敏感性优于血清 TP。同时血清 ALB 也是合成机体组织和代谢废物的重要载体，能够促进营养物质生成和提高机体能量等生理作用，血清 ALB 含量降低会影响营养代谢能力，出现水肿[5-6]。本试验中，试验组血清 ALB 含量极显著高于对照组，说明黑水虻虫粉替代生长猪饲粮中部分豆粕，可使生长猪的营养代谢能力增强，促进猪的消化吸收，说明黑水虻虫粉是一种良好蛋白质原料，可改善机体蛋白质代谢。

血清 GLB 是由 B 细胞转化为浆细胞后分泌产生的，当血液抗体水平增加时，血清 GLB 的含量会随之增加，故除了与 ALB 共同维持血液渗透压和 pH 平衡外，还可反映机体的免疫水平。血清 A/G 降低，表明 GLB 的合成增加，机体的免疫能力增强，故 A/G 也可反映机体的免疫状态[7-8]。GLB 含量的升高是免疫力提高的表现，本试验中，试验组血清 GLB 含量有所降低，A/G 却显著升高，这可能是因为添加黑水虻虫粉后猪生长代谢增强，使血液中运输合成体组织原料和代谢废物的 ALB 含量增加的缘故[9]。由此推测，黑水虻对机体的免疫功能没有显著的改善作用，但可作为潜在良好的蛋白质饲料。

血清 TC 含量可反映动物机体对脂类的吸收代谢能力；血清 TG 含量可反映脂肪组织发育和脂肪沉积能力，其含量降低提示脂肪沉积能力减弱[10]；LDL-C 将肝脏合成的胆固醇转

运到肝外组织，而 HDL-C 则把胆固醇运回肝脏代谢转化为其他物质并排出体外，从而维持机体内胆固醇含量的稳定[11]。本试验中，试验组血清 HDL-C 含量显著高于对照组，说明黑水虻虫粉使生长猪血液中更多的 TC 输送到肝脏并被氧化，可以促进肥猪体内脂质代谢，降低组织中胆固醇含量。

3.3　猪粪饲养的黑水虻虫粉同源性污染问题

关于动物源性词料的同源性污染问题，猪粪饲喂黑水虻，然后黑水虻虫粉再制作成饲料添加剂，经过黑水虻这个无脊椎动物的过腹转化，在理论上隔断了同源性污染通道，本试验也未能观察到试验组生长猪有疾病发生，且试验组腹泻率与对照组相比有所降低，但猪粪饲养的黑水虻虫粉能否实现对同源性污染的控制，还有待进一步大量动物饲养试验研究证实。

3　结　论

① 饲粮添加 25‰黑水虻虫粉不影响生长猪的生长性能，可以替代生长猪基础饲粮中的豆粕。

② 饲粮添加 25‰黑水虻虫粉显著或极显著提高了生长猪血清 ALB 和 HDL-C 含量。

参考文献：

[1] 张放,朱建平,张政,等.黑水虻虫粉对育肥猪生长性能、血清指标和养分消化率的影响[J].河南农业科学,2017,46(6):130–133,136.

[2] MARQUARDT R R,JIN LZ,KIM J W,et al.Passive protective effect of egg-yolk antibodies against *Enterotoxigenic Escherichia coli* K88+ infection in neonatal and early-weaned piglets[J].FEMS Immunology and Medical Microbiology,1999,23(4):283–288.

[3] MAKKAR H P S,TRAN G,V.HEUZÉ V,et al.State of the art on use of insects as animal feed[J].Animal Feed Science and Technology,2014,197:1–33.

[4] NEWTON L,SHEPPARD C,WATSON D W,et al.Using the black soldier fly,*Hermetia*

illucens,as a value-added tool for the management of swine manure[C]//Report for Mike Williams.Raleigh,NC:Director of the Animal and Poultry Waste Management Center,North Carolina State University,2005.

[5] 方热军,李美君,周学彬,等.植物精油提取物对断奶仔猪生产性能及血液生化指标的影响[J].饲料工业,2010,31(16):9–12.

[6] 刘付国树,袁丽花,朱兆荣,等.术芩颗粒对仔猪生长性能和血液生理生化指标的影响[J].中国兽医杂志,2016,52(10):52–55.

[7] WANG J P,YOO J S,KIM H J,et al.Nutrient digestibility,blood profiles and fecal microbiota are influenced by chitooligosaccharide supplementation of growing pigs[J].Livestock Science,2009,125(2/3):298–303.

[8] 林谦,戴求仲,宾石玉,等.益生菌与酶制剂对黄羽肉鸡血液生化指标和免疫性能影响的协同效应研究[J].饲料工业,2012,33(14):31–36.

[9] 吴先华,何若钢,覃小荣,等.植物甾醇对生长育肥猪生长性能、抗氧化能力及免疫功能的影响[J].中国饲料,2013(16):30–32,36.

[10] 祝倩,孔祥峰,姬玉娇,等.高、低营养水平饲粮对妊娠环江香猪繁殖性能、体成分和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(5):1534–1540.

[11] 查伟,孔祥峰,谭敏捷,等.饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪繁殖性能和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):579–584.

Effects of Black Soldier Fly Meal on Growth Performance and Serum Biochemical Parameters of Growing Pigs

ZHANG Fang YANG Weili YANG Shuyi YU Zheng LIU Chunxue* HONG Ping

(*Taicang Anyou Biological Technology Co. Ltd., Taicang* 215437, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of black soldier fly meal on growth

performance and serum biochemical parameters of growing pigs, to explore the feasibility of soybean meal was replaced by black soldier fly meal from pig manure breeding. Forty-eight healthy 70-day-old “Duroc×Landrace×Large White” hybrid growing pigs with the initial body weight of （33.00±1.00） kg were selected and randomly divided into 2 groups with 12 replicates in each group and 2 pigs in each replicate. Pigs in the control group were fed a basal diet, and the others in the trial group were fed the experimental diet which contained 25‰ black soldier fly meal. The experiment lasted for 30 days. The results showed as follows: compared with the control group, the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed to weight ratio (F/G) of growing pigs in the trial group showed no significant difference (P>0.05); the serum albumin (ALB) content of growing pigs in the trial group was significantly increased (P<0.01), the serum albumin to globulin ratio (A/G) was significantly increased (P<0.05), and the serum high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) content was significantly increased (P<0.05). In summary, under the condition of this experiment, diet supplemented with 25‰ black soldier fly meal do not affect the growth performance of growing pigs, it can replace some soybean meal in the basal diet of growing pigs.

Key words：pig manure; black soldier fly; growth performance; serum biochemical parameters

---

*Corresponding author, intermediate engineer, E-mail: cx_liu@anschina.cn （责任编辑　武海龙）